



(11) **EP 1 452 670 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
02.12.2009 Bulletin 2009/49

(51) Int Cl.:
E04G 23/02 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **04290351.8**

(22) Date de dépôt: **11.02.2004**

(54) **Procédé de renforcement d'un élément de construction et élément de construction**

Verfahren zur Verstärkung eines Bauteils und Bauteil

Method for reinforcing a building element and building element

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR**

(30) Priorité: **28.02.2003 FR 0302495**

(43) Date de publication de la demande:
01.09.2004 Bulletin 2004/36

(73) Titulaire: **M. Lefevre S.A.
75008 Paris (FR)**

(72) Inventeur: **Menard, Marc-Henry
75008 Paris (FR)**

(74) Mandataire: **Dossmann, Gérard
Bureau D.A. Casalonga & Josse
Bayerstrasse 71/73
80335 München (DE)**

(56) Documents cités:
**FR-A- 2 792 354 FR-A- 2 817 575
GB-A- 2 296 276**

- **RUFFERT G: "DIEKONSTRUKTIVE SANIERUNG VON BAUDENKMALERN" , BAUTECHNIK, ERNST & SOHN VERLAG. BERLIN, DE, VOL. 71, NR. 7, PAGE(S) 382-389 XP000195309 * page 386, colonne 2, ligne 20 - colonne 3, ligne 43 ***
- **DELBECCQ ET AL: "Calcul, désordres, réparation et modernisation des ponts en maçonnerie" , TRAVAUX, EDITIONS SCIENCE ET INDUSTRIE S.A. PARIS, FR, NR. 561, PAGE(S) 63-74 XP002123401 ISSN: 0041-1906 * alinéa [2.2.4.3.2] ***

EP 1 452 670 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] La présente invention concerne le domaine du renforcement de structures de construction en maçonnerie, en bois ou autre, s'étendant entre deux points d'appui et travaillant en flexion comme une poutre ou en compression comme une voûte. L'invention s'applique notamment aux constructions anciennes et aux constructions récentes en milieu agressif, notamment marin.

[0002] Au cours du temps, de telles structures sont susceptibles de se dégrader pour diverses raisons, infiltrations d'eau, provoquant une dégradation des pierres ou des briques ou du bois constituant la structure, tassement du sol provoquant un mouvement des fondations du bâtiment et de ses superstructures, modification du bâtiment postérieurement à sa construction, etc...

[0003] De façon connue, la restauration d'une voûte d'un arc porteur de voûte en cas de fissuration, dégradation, déformation, peut être réalisée, soit par coulis de chaux, la réussite de ce procédé étant aléatoire, soit par remplacement des éléments dégradés ou cassés nécessitant des échafaudages, voire une reconstruction de l'ouvrage.

[0004] Ces procédés imposent de lourdes servitudes d'exploitation et de mise en oeuvre, notamment de délais, d'immobilisation du bâtiment ou de l'ouvrage d'art, de coût, et ne permettent pas de renforcer des ouvrages trop sollicités ou dégradés, en toute fiabilité et en toute sécurité, pour un coût raisonnable.

[0005] De plus, dans le cas de voûtes dont l'intrados supporte des éléments de grand intérêt historique ou artistique, tels que des fresques, des peintures ou des sculptures, ces procédés ne permettent pas de les préserver intégralement.

[0006] Le document GB 2 296 276 décrit un procédé de renforcement du tablier en béton d'un pont ou similaires. Selon le procédé, la couche de chaussée est enlevée et une couche d'adhésif est appliquée sur le tablier en béton. Ensuite, une pluralité de premiers panneaux faits d'un matériau ayant une résistance similaire ou plus forte que celle du tablier en béton sont posés sur l'adhésif pour former une première couche de renforcement. Un renforcement en forme de feuille est alors placé au-dessus des régions du tablier en béton qui présentent une tension de leur surface supérieure, par exemple celles situées au-dessus de poutres. Puis, on applique à nouveau de l'adhésif et on recouvre d'une pluralité de deuxièmes panneaux, qui sont similaires aux premiers panneaux. Enfin, la couche de chaussée est réinstallée.

[0007] Le document FR 2 817 575 décrit une structure et un procédé de renforcement d'une maçonnerie s'étendant entre deux points d'appui et comprenant une pluralité de pièces mutuellement en compression, chaque pièce se maintenant par frottement sur les pièces adjacentes. La structure comprend un ensemble travaillant disposé sur une surface supérieure de la structure de maçonnerie et comprenant au moins deux couches de reprise d'efforts de traction ou de compression et au moins

un moyen formant entretoise entre lesdites deux couches. L'ensemble travaillant est réalisé dans des matériaux de coefficients de dilatation et d'élasticité proches de ceux du matériau constituant la maçonnerie.

5 **[0008]** Le document FR 2 792 354 constitue l'état de la technique le plus proche.

[0009] On connaît, par le document FR-A-2 792 354, un procédé de renforcement d'une structure en maçonnerie s'étendant entre au moins deux points d'appui distincts et comprenant une pluralité de pièces mutuellement en compression. Chaque pièce se maintient par frottement sur les pièces adjacentes. On ajoute sur une face supérieure de la structure de maçonnerie un élément travaillant réalisé dans des matériaux de coefficients de dilatation et d'élasticité proches de ceux du matériau constituant la structure de maçonnerie, et solidarisé avec ladite structure de maçonnerie. L'élément travaillant est réalisé par coulis de mortier synthétique.

10 **[0010]** Ce procédé donne satisfaction dans de nombreuses applications.

15 **[0011]** Toutefois, l'invention vise à simplifier la mise en oeuvre du renforcement en facilitant sa pose.

[0012] L'invention a également pour but de réduire l'encombrement du renforcement.

20 **[0013]** Selon un aspect de l'invention, le procédé de renforcement de l'élément de construction disposé entre au moins deux appuis travaillant en flexion ou en compression, comprend les étapes suivante :

- 25 - on ajoute au moins sur une face supérieure dudit élément de construction une pluralité de modules préfabriqués de renforcement,
- on dispose des connecteurs entre lesdits modules préfabriqués et ledit élément de construction, et
- 30 - on dispose un liant entre lesdits modules préfabriqués et ledit élément de construction.

[0014] Il est relativement aisé de disposer des modules de construction, y compris sur des surfaces convexes, irrégulières ou même concaves.

35 **[0015]** Il est relativement aisé de disposer des modules de construction, y compris sur des surfaces convexes, irrégulières ou même concaves.

[0016] Avantageusement, les connecteurs sont fixés dans les modules préfabriqués avant l'ajout desdits modules préfabriqués sur l'élément de construction.

40 **[0017]** En d'autres termes, les connecteurs peuvent être fixés dans les modules préfabriqués en usine. Les modules préfabriqués en usine peuvent également bénéficier d'une composition et d'une granulométrie plus régulière qu'un mortier ou béton gâché sur place. Les connecteurs peuvent être fixés dans les modules préfabriqués lors de la préfabrication desdits modules.

45 **[0018]** Dans un autre mode de réalisation de l'invention, les connecteurs sont fixés dans l'élément de construction avant l'ajout des modules préfabriqués sur l'élément de construction. Cette variante est bien adaptée à un élément de construction ayant une surface irrégulière.

[0019] Dans un mode de réalisation de l'invention, on étale une couche de liant sur la surface supérieure de l'élément de construction avant l'ajout des modules préfabriqués sur l'élément de construction. Le liant permet une transmission des efforts mécaniques entre l'élément de construction et les modules préfabriqués.

[0020] Avantageusement, on étale du liant entre les modules préfabriqués, après leur pose. On assure ainsi la transmission des efforts mécaniques entre les différents modules préfabriqués.

[0021] Dans un autre mode de réalisation, on dispose du liant entre l'élément de construction et les modules préfabriqués après l'ajout des modules préfabriqués sur l'élément de construction.

[0022] Dans un mode de réalisation de l'invention, l'élément de construction est une poutre. La poutre peut être un linteau en pierre, une poutre en béton ou une poutre métallique.

[0023] Dans un autre mode de réalisation de l'invention, l'élément de construction est une voûte, par exemple en pierre ou en brique.

[0024] Avantageusement, les modules préfabriqués comprennent du béton. Les modules préfabriqués peuvent être réalisés en béton de fibres ou en béton chargé de fumées de silice.

[0025] Avantageusement, les connecteurs sont des tiges à base de fibres, par exemple des fibres de verre ou de carbone et de résine époxyde.

[0026] Dans un mode de réalisation de l'invention, le liant comprend un mortier de résine, par exemple à base de résine époxyde.

[0027] Avantageusement, les modules préfabriqués se présentent sous la forme de plaques polygonales dont les bords sont pourvus de reliefs prévus pour favoriser la transmission d'efforts mécaniques aux modules préfabriqués voisins. Les modules préfabriqués peuvent être disposés en une couche.

[0028] À titre d'exemple, les modules préfabriqués peuvent se présenter sous une forme carrée avec un denture triangulaire sur leurs bords, de forme rectangulaire avec une denture ronde ou sinusoïdale, ou encore de forme triangulaire avec un recouvrement partiel permettant à un connecteur de traverser deux modules préfabriqués.

[0029] L'invention propose également un élément de construction disposé entre au moins deux appuis et travaillant en flexion ou en compression, ledit élément de construction comprenant un renforcement disposé sur une face supérieure dudit élément de construction et pourvu d'une pluralité de modules préfabriqués de renforcement, de connecteurs reliant lesdits modules préfabriqués et ledit élément de construction, et d'un liant disposé entre lesdits modules préfabriqués et ledit élément de construction.

[0030] La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description détaillée de quelques modes de réalisation pris à titre d'exemples nullement limitatifs et illustrés par les dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 est une vue en coupe longitudinale d'une poutre renforcée selon un mode de réalisation de l'invention;
- la figure 2 est une vue de détail d'une variante de la figure 1;
- les figures 3 à 5 sont des vues de détail de modules préfabriqués selon différents aspects de l'invention; et
- les figures 6 à 10 sont des vues en coupe transversale de voûtes renforcées selon un aspect de l'invention.

[0031] Comme on peut le voir sur la figure 1, une poutre 1, par exemple en bois, possède une surface supérieure 1a sur laquelle est disposé un renforcement 2. Le renforcement 2 comprend une pluralité de modules préfabriqués de renforcement 3, une pluralité de connecteurs, ici deux connecteurs 4, 5, par module préfabriqué 3, une couche de liant 6 disposée entre les modules préfabriqués 3 et la surface supérieure 1a de la poutre 1, et une couche de liant 7 disposée entre les modules préfabriqués 3. Une pluralité de solives 8 reposent par une de leurs extrémités sur la surface supérieure 1a de la poutre 1. Un plancher 9 est fixé sur les solives 8. La hauteur des solives 8 peut être de l'ordre de 0,15 m. par exemple.

[0032] Dans ce mode de réalisation, le renforcement 2 peut être réalisé comme suit. Les modules 3 sont préfabriqués en série dans un établissement industriel, dans un but de réduction des coûts et de constance de leurs caractéristiques mécaniques. Pour des chantiers présentant des exigences particulières, la forme des modules 3 peut être adaptée. Les connecteurs 4, 5 sont solidarisés avec les modules 3 lors de la préfabrication, et disposés selon un gabarit prédéfini. Sur le site où se trouve la poutre 1, on dégage l'accès à la surface supérieure 1a en enlevant les planchers, isolants, etc., qui la recouvrent.

[0033] On procède ensuite au perçage d'une pluralité de trous borgnes dans la poutre 1 à partir de la surface supérieure 1a selon le même gabarit que celui cité ci-dessus. Ces trous borgnes sont destinés à accueillir l'extrémité des connecteurs 4, 5 opposée à celle noyée dans les modules préfabriqués 3. On peut également creuser dans la surface supérieure 1a de la poutre 1 une pluralité d'encoches ou d'entailles favorisant l'accrochage futur de la couche de liant 6 et permettant ainsi une meilleure transmission des efforts mécaniques, notamment de cisaillement entre la poutre 1 et le renforcement 2, dans le but d'augmenter la section travaillante de la poutre renforcée.

[0034] Pour des raisons de simplicité du dessin, ces encoches n'ont pas été représentées sur la figure 1. De la même façon, la surface inférieure 3a des modules préfabriqués 3 est avantageusement pourvue de concavités et d'aspérités permettant un meilleur accrochage avec la couche de liant 6. On vient ensuite remplir les trous borgnes creusés dans la poutre 1 par un mortier de résine et disposer la couche 6 réalisée dans le même mortier

de résine sur la surface supérieure 1a. On pose ensuite les modules préfabriqués 3 en disposant les extrémités inférieures des connecteurs 4, 5 dans les trous borgnes. Une fois que deux modules préfabriqués 3 adjacents sont posés, on vient remplir la fente qui les sépare par du liant 7 également en mortier de résine.

[0035] Le mortier de résine est avantageusement un mortier à base de résine époxyde, chargé ou non de quartz, de fibres de verre, de fibres de carbone, etc. Ce mortier doit pouvoir être mis en oeuvre sous la pression atmosphérique et avoir une prise sans retrait.

[0036] Les connecteurs, qui permettent de solidariser les modules préfabriqués 3 et la poutre 1, sont réalisés à base de matériaux présentant de bonnes qualités mécaniques et peu sensibles à la corrosion, par exemple des fibres de verre, de carbone, des fibres aramides, de l'acier à haute résistance, notamment inoxydable. Les connecteurs peuvent se présenter sous la forme de tiges droites, d'un diamètre de l'ordre de 5 à 30 mm, ou encore sous la forme de tiges coudées en U comme une agrafe, le fond du U étant noyé dans un module 3 ou disposé sur sa surface supérieure. Les connecteurs présentent une longueur très légèrement inférieure à la hauteur de la poutre renforcée, pour reprendre les efforts tranchants.

[0037] Les modules préfabriqués 3 pourront être réalisés à base de béton. Ce béton pourra être armé. Préférentiellement, on mettra en oeuvre un béton à haute résistance mécanique, tel qu'un béton chargé en fibres ou en poudres, du genre fumées de silice. On pourra ainsi réduire l'épaisseur des modules préfabriqués 3 et réduire leur masse, ce qui facilite leur pose ou permet, à masse égale, d'agrandir leurs dimensions et de réduire leur nombre. En outre, le renforcement sera de hauteur plus faible à résistance égale ce qui présente un avantage déterminant dans certains chantiers, notamment pour conserver la hauteur du plancher d'origine. Sur la figure 1, on voit que le renforcement 2 présente une hauteur sensiblement égale à celle des solives 8.

[0038] À titre d'exemple, on pourra prévoir des modules préfabriqués 3, d'une longueur comprise entre 0,5 et 1,2 mètres, par exemple de l'ordre de 1 mètre et de largeur variable selon l'application prévue et la largeur de la poutre 1. De tels modules peuvent être manipulés facilement par un opérateur seul, y compris dans des endroits d'accès difficile.

[0039] On comprend que l'invention permet une pose simplifiée du renforcement, évite la mise en oeuvre de coffrage qui est toujours consommatrice de temps, et permet donc une économie de main-d'oeuvre et une exécution plus rapide des chantiers.

[0040] Sur la figure 2 est illustrée une variante dans laquelle les modules préfabriqués 3, au lieu de se présenter sous la forme de simples parallélépipèdes rectangles comme dans le mode de réalisation précédent, sont ici pourvus d'un épaulement sur leurs bords. Le module préfabriqué 3 comprend un épaulement d'épaisseur réduite 10 disposé en position inférieure, en contact avec la couche de liant 6. Le module préfabriqué adjacent au

module préfabriqué 3, comprend un épaulement supérieur 12 qui vient recouvrir l'épaulement 10 du module préfabriqué 3. L'espace 13 subsistant entre les épaulements 10 et 12, est rempli d'une couche de liant qui sera avantageusement disposée après la pose du module préfabriqué 3 et avant celle du module préfabriqué adjacent. En outre, un connecteur 5 est fixé à la poutre 1, à l'épaulement 8 du module préfabriqué 3 et à l'épaulement 10 du module préfabriqué adjacent, et assure non seulement la liaison avec la poutre 1, mais également la liaison mutuelle des modules préfabriqués 3.

[0041] Dans un tel mode de réalisation, le connecteur 5 peut, dans une première variante être, préalablement à la pose, indépendant des modules préfabriqués 3. Le connecteur 5 est alors d'abord fixé à la poutre 1 par scellement avec un liant dans le trou borgne prévu pour l'accueillir. Puis, on dispose la couche de liant 6 sur la surface supérieure 1a de la poutre 1, puis on vient poser le module préfabriqué 3 sur la couche de liant 6, l'épaulement 8 devant alors être prévu avec un trou traversant destiné à accueillir la partie restée libre du connecteur 12. On remplit le trou, non représenté, de l'épaulement 8, on dispose une couche de liant sur l'épaulement 8 et les bords d'extrémités du module préfabriqué 3. Enfin, on vient disposer le module préfabriqué adjacent dont l'épaulement 10 est également pourvu d'un trou traversant, non représenté. Ce trou traversant accueille l'extrémité restée libre du connecteur 5 et est ensuite rempli de liant.

[0042] Dans un but de simplification, on pourra prévoir d'utiliser le même liant pour le scellement des différentes portions du connecteur, la couche de liant 6 et le remplissage de l'espace 11. Toutefois, afin d'obtenir des caractéristiques mécaniques très élevées, on pourra prévoir de réaliser la couche de liant 6 avec un liant plus chargé que celui qui sert au scellement du connecteur 5.

[0043] Sur la figure 3 est illustrée une portion d'un bord de module préfabriqué 3, en vue de dessus. Le bord représenté du module préfabriqué 3 est pourvu d'une pluralité de merlons 13 et de créniaux 14 rectangulaires destinés à s'enclencher avec un autre module préfabriqué, non représenté, pourvu du même type de denture de bord. On améliore ainsi la transmission d'efforts de cisaillement entre deux modules préfabriqués.

[0044] Sur la figure 4 est illustrée une autre variante, dans laquelle les merlons 13 et les créniaux 14 sont de forme arrondie, le module préfabriqué 15, voisin du module préfabriqué 3, possédant la même denture. Un liant 7 est, bien entendu, disposé entre les modules préfabriqués 3 et 15.

[0045] Dans le mode de réalisation illustré sur la figure 5, la denture présente une forme triangulaire.

[0046] Sur les figures 6 et 7, on voit une portion de voûte en pierre 16 supportée par un pied-droit 17 surmonté d'un mur bahut 18. La portion de voûte 16 comprend un arc 19 formé d'une succession de claveaux 20 juxtaposés dont les plans de séparation passent par l'axe de la voûte 16. Chaque claveau 20 est mis en compres-

sion entre les claveaux voisins et par lesdits claveaux voisins ainsi que par la charge de la voûte 16. Les claveaux 20 sont généralement pourvus de joints en mortier assurant un frottement maximal entre les différents claveaux 20. La voûte 16 comprend également une portion de voûte délimitée par des arcs et appelée « voûtain 21 ». Le voûtain 21 est d'épaisseur réduite par rapport à l'arc 19 sur lequel il repose.

[0047] Dans la plupart des monuments et des constructions, l'intrados 22 de la voûte 16 est visible par le public, tandis que l'extrados 23 ne l'est pas, étant recouvert d'un plancher ou d'une toiture. Un élément travaillant 24 est réalisé sur l'extrados 23 de la voûte 16 au droit de l'arc 19. L'élément travaillant 24 est solidarisé fermement avec chaque claveau 20 au moyen de connecteurs 25. L'élément travaillant 24 comprend des modules préfabriqués 3 adjacents comme décrit ci-dessus, en rapport avec la figure 1.

[0048] La pose de l'élément travaillant 24 et des connecteurs 25 s'effectue de la façon suivante. On commence par dégager l'extrados 23 au droit de l'arc 19 de tout élément gênant, tel qu'un enduit fissuré ou des déchets divers. À partir de l'extrados 23, on creuse dans chaque claveau 20 au moins un trou borgne dans lequel on vient disposer un connecteur 25 que l'on scelle au moyen d'une composition de résine synthétique, par exemple époxyde.

[0049] On laisse une partie du connecteur 25 en saillie par rapport au claveau 20. La profondeur du trou borgne et par conséquent la longueur de scellement du connecteur 25 sont déterminées en fonction de la charge à supporter par ledit connecteur 25. En cas de charge très importante, on peut prévoir plusieurs connecteurs 25 par claveau 20.

[0050] Ensuite, on vient recouvrir l'extrados 23 au droit de l'arc 19 d'une couche 6 de mortier synthétique, puis de modules préfabriqués 3. On peut ensuite recouvrir les modules préfabriqués 3 avec une couche du même mortier de résine synthétique. Les éléments travaillants 3 seront pourvus de trous traversants destinés à accueillir les extrémités libres des connecteurs 25, ces trous étant ensuite remplis avec ledit mortier.

[0051] La section de l'élément travaillant 24 est calculée en fonction des contraintes de compression devant être supprimées. L'élément travaillant 24 peut être à section variable afin de s'adapter aux variations des contraintes.

[0052] Ainsi, quel que soit le type de voûte à renforcer, l'élément travaillant 24 permet de diminuer les contraintes devant être supportées par les éléments existants. Selon le type et l'état de dégradation de la voûte, on peut choisir de partager les contraintes de compression entre l'élément travaillant 24 et l'arc 19. La couche 6 de mortier synthétique est alors directement coulée sur les claveaux 20 pour favoriser une bonne adhésion entre ces éléments.

[0053] Dans d'autres cas, par exemple si la voûte est fortement dégradée, l'élément travaillant 24 doit repren-

dre toutes les contraintes de compression et supporter chaque claveau 20 de l'arc 19. On dispose alors un séparateur 26 entre l'extrados 23 et l'élément travaillant 24 afin d'éviter que l'arc 19 ne supporte des efforts. Le séparateur 26 peut se présenter sous la forme d'une membrane, par exemple de feutre ou de polyane.

[0054] Si le voûtain 21 présente encore de bonnes caractéristiques mécaniques, on peut choisir de lui faire supporter une partie des contraintes.

[0055] Comme on peut le voir sur la figure 8, le séparateur 26 est disposé entre l'élément travaillant 24 et chaque claveau 20 de l'arc 19. On dispose sur l'extrados 23 du voûtain 21 et sur la surface extérieure de l'élément travaillant 24 un tissu de verre ou stratifié formant un voile de renfort 27 qui s'étend sur une partie ou sur la totalité du voûtain 21 en vue de sa participation à la reprise des contraintes de compression. Le voile de renfort 27 peut être réalisé par une succession de couches de toile de fibres de verre et de résine, incluant éventuellement des panneaux sandwich alvéolés.

[0056] Pour améliorer la solidarisation du voûtain 21 et de l'élément travaillant 24, on peut encore prévoir des raidisseurs 28 disposés entre une partie du voile de renfort 27 au droit du voûtain 21 et une autre partie du voile de renfort 27 en contact avec l'élément travaillant 24. Les raidisseurs 28 peuvent être disposés à intervalles réguliers, par exemple en épi avec un angle prédéterminé par rapport à l'élément travaillant 24 et peuvent être réalisés en tout matériau inerte capable de supporter les contraintes de traction, par exemple en fibres aramides.

[0057] Si l'on veut que les claveaux 20 participent aussi à la reprise des contraintes de compression, on procèdera à la pose de l'élément de renforcement 24 illustré sur la figure 8, en omettant le séparateur 26.

[0058] Un autre type de voûte est illustré sur la figure 9. Cette voûte 16 est pourvue d'un intrados 22 de forme circulaire et d'un extrados 23 plan. La voûte 16 est donc d'épaisseur variable, plus faible au centre et plus forte sur les bords. On creuse alors des trous borgnes de longueur adaptée pour pénétrer dans les pierres ou les briques formant l'intrados 22 de la voûte 16. Ces pierres ou briques peuvent être, soit des claveaux si la voûte 16 est un arc, ou des éléments de voûtain si la voûte 16 est une voûte plane non nervurée. Dans ces trous borgnes de profondeur variable, on vient disposer puis sceller des connecteurs 25 de longueur adaptée pour faire saillie au-delà de l'extrados 23, puis on vient couler la couche 6 de mortier synthétique. On dispose ensuite les modules préfabriqués 3 qui seront pourvus de trous traversants adaptés à l'inclinaison des connecteurs 25. Si nécessaire, on peut prévoir les trous traversants de diamètre nettement plus élevé que celui des connecteurs 25 afin de faciliter la pose des modules préfabriqués 3. On dispose ensuite du liant 7 entre les modules préfabriqués 3 et éventuellement une couche supérieure de liant venant recouvrir les modules préfabriqués 3.

[0059] Sur la figure 10, on voit un élément de maçonnerie de forme droite travaillant en compression et com-

prenant une pluralité de claveaux 29 en forme de biseau afin d'assurer leur coincement mutuel et un fonctionnement analogue à celui d'une voûte. Chaque claveau 29 est percé d'un ou plusieurs trous borgnes dans lequel est disposé et scellé un connecteur 25 faisant saillie au-dessus du claveau 29. Un élément travaillant 24 est installé par coulis d'une couche de mortier synthétique 6 au-dessus desdits claveaux 29, pose de modules préfabriqués 3 sur la couche 6, les extrémités libres des connecteurs 25 faisant saillie dans des trous traversants prévus à cet effet dans les modules préfabriqués 3, scellement desdites extrémités libres des connecteurs 25, remplissage des espaces entre les modules préfabriqués 3 par un liant 7, puis recouvrement de la surface supérieure du module préfabriqué 3 par une couche de mortier synthétique.

[0060] Ainsi, on dispose d'un procédé de renforcement et d'une structure porteuse s'étendant entre deux points d'appui et comprenant un renforcement réalisé avec des matériaux de coefficients de dilatation et d'élasticité proches de ceux du matériau constituant la structure d'origine, solidarisé avec ladite structure, au moins une partie de ladite structure étant pourvue de connecteurs aptes à répartir au moins une partie de la charge vers l'élément de renforcement.

[0061] Grâce à l'invention, on obtient une structure renforcée de façon économique sans encombrement excessif et avec un chantier dont l'exécution peut être relativement rapide.

[0062] L'invention est parfaitement adaptée à toute structure dont la surface inférieure doit être protégée, tant pendant les travaux de renforcement qu'à l'issue de ceux-ci.

Revendications

1. Procédé de renforcement d'un élément de construction (1) disposé entre au moins deux appuis et travaillant en flexion ou en compression, **caractérisé en ce qu'on ajoute au moins sur une face supérieure (1a) dudit élément de construction une pluralité de modules préfabriqués (3) de renforcement, on dispose des connecteurs (4, 5) entre lesdits modules préfabriqués (3) et ledit élément de construction (1), et on dispose un liant (6) entre lesdits modules préfabriqués (3) et ledit élément de construction (1).**
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel les connecteurs sont fixés dans les modules préfabriqués (3) avant l'ajout des modules préfabriqués (3) sur l'élément de construction (1).
3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel les connecteurs sont fixés dans les modules préfabriqués (3) lors de la préfabrication desdits modules.
4. Procédé selon la revendication 1, dans lequel les

connecteurs sont fixés dans l'élément de construction (1) avant l'ajout des modules préfabriqués (3) sur l'élément de construction.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel on étale une couche de liant (6) sur la face supérieure (1a) dudit élément de construction avant l'ajout des modules préfabriqués sur l'élément de construction.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel on étale du liant (6) entre les modules préfabriqués (3).
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel on dispose du liant (6) entre l'élément de construction (1) et les modules préfabriqués (3) après l'ajout des modules préfabriqués sur l'élément de construction (1).
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'élément de construction (1) est une poutre.
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel l'élément de construction (1) est une voûte.
10. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les modules préfabriqués (3) comprennent du béton.
11. Procédé selon la revendication 10, dans lequel les modules préfabriqués (3) comprennent du béton de fibres.
12. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les connecteurs (4, 5) sont des tiges à base de fibres de verre ou de carbone.
13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, dans lequel les connecteurs (4, 5) comprennent de l'acier à haute résistance.
14. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le liant (6) comprend un mortier de résine.
15. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel un connecteur est commun à au moins deux modules préfabriqués (3).
16. Procédé selon la revendication 15, dans lequel deux modules préfabriqués (3) se recouvrent partiellement.
17. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel au moins deux modules

préfabriqués (3) possèdent des bords pourvus de dents.

18. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel au moins un module préfabriqué (3) possède une surface inférieure comprenant des aspérités et/ou des concavités. 5
19. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les modules préfabriqués (3) sont disposés en une couche. 10
20. Élément de construction (1) disposé entre au moins deux appuis et travaillant en flexion ou en compression, **caractérisé par le fait qu'il** comprend un renforcement disposé sur une face supérieure (1a) dudit élément de construction et pourvu d'une pluralité de modules préfabriqués (3) de renforcement, de connecteurs (4, 5) reliant lesdits modules préfabriqués (3) et ledit élément de construction, et d'un liant (6) disposé entre lesdits modules préfabriqués et ledit élément de construction. 20

Claims 25

1. Method of reinforcing a building element (1) positioned between at least two supports and working in bending or in compression, **characterized in that** a plurality of prefabricated reinforcing modules (3) is added to at least an upper face (1a) of the said building element, connectors (4, 5) are positioned between the said prefabricated modules (3) and the said building element (1), and a binder (6) is placed between the said prefabricated modules (3) and the said building element (1). 30
2. Method according to Claim 1, in which the connectors are fixed into the prefabricated modules (3) before the prefabricated modules (3) are added to the building element (1). 40
3. Method according to Claim 2, in which the connectors are fixed into the prefabricated modules (3) at the time of prefabrication of the said modules. 45
4. Method according to Claim 1, in which the connectors are fixed into the building element (1) before the prefabricated modules (3) are added to the building element. 50
5. Method according to any one of the preceding claims, in which a coat of binder (6) is spread out on the upper face (1a) of the said building element before the prefabricated modules are added to the building element. 55
6. Method according to any one of the preceding

claims, in which binder (6) is spread out between the prefabricated modules (3).

7. Method according to any one of Claims 1 to 4, in which binder (6) is positioned between the building element (1) and the prefabricated modules (3) after the prefabricated modules have been added to the building element (1).
8. Method according to any one of the preceding claims, in which the building element (1) is a beam.
9. Method according to any one of Claims 1 to 7, in which the building element (1) is an arch.
10. Method according to any one of the preceding claims, in which the prefabricated modules (3) contain concrete.
11. Method according to Claim 10, in which the prefabricated modules (3) contain fibrous concrete.
12. Method according to any one of the preceding claims, in which the connectors (4, 5) are rods based on glass fibre or carbon fibre.
13. Method according to any one of Claims 1 to 11, in which the connectors (4, 5) contain high-strength steel.
14. Method according to any one of the preceding claims, in which the binder (6) contains a resin mortar.
15. Method according to any one of the preceding claims, in which one connector is common to at least two prefabricated modules (3).
16. Method according to Claim 15, in which two prefabricated modules (3) partially overlap.
17. Method according to any one of the preceding claims, in which at least two prefabricated modules (3) have toothed edges.
18. Method according to any one of the preceding claims, in which at least one prefabricated module (3) has a lower surface comprising roughnesses and/or concavities.
19. Method according to any one of the preceding claims, in which the prefabricated modules (3) are positioned in a layer.
20. Building element (1) positioned between at least two supports and working in bending or in compression, **characterized in that** it comprises a reinforcement positioned on an upper face (1a) of the said building

element and provided with a plurality of prefabricated reinforcing modules (3), with connectors (4, 5) connecting the said prefabricated modules (3) and the said building element, and with a binder (6) positioned between the said prefabricated modules and the said building element.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Verstärkung eines Bauelements (1), das zwischen mindestens zwei Auflagern angeordnet ist und biege- oder druckbeansprucht wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens auf eine Oberseite (1a) des Bauelements mehrere vorgefertigte Verstärkungsmodule (3) hinzugefügt werden, dass Verbinder (4, 5) zwischen den vorgefertigten Modulen (3) und dem Bauelement (1) angeordnet werden, und dass ein Bindemittel (6) zwischen den vorgefertigten Modulen (3) und dem Bauelement (1) angeordnet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Verbinder vor dem Hinzufügen der vorgefertigten Module (3) zum Bauelement (1) in den vorgefertigten Modulen (3) befestigt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem die Verbinder bei der Vorfertigung der Module in den vorgefertigten Modulen (3) befestigt werden.
4. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Verbinder vor dem Hinzufügen der vorgefertigten Module (3) zum Bauelement im Bauelement (1) befestigt werden.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem vor dem Hinzufügen der vorgefertigten Module zum Bauelement eine Bindemittelschicht (6) auf der Oberseite (1a) des Bauelements verteilt wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem Bindemittel (6) zwischen den vorgefertigten Modulen (3) verteilt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem nach dem Hinzufügen der vorgefertigten Module zum Bauelement (1) Bindemittel (6) zwischen dem Bauelement (1) und den vorgefertigten Modulen (3) angeordnet wird.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Bauelement (1) ein Balken ist.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem das Bauelement (1) ein Gewölbe ist.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche

che, bei dem die vorgefertigten Module (3) Beton enthalten.

11. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem die vorgefertigten Module (3) Faserbeton enthalten.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Verbinder (4, 5) Stangen auf der Basis von Glasfasern oder Kohlenstoff sind.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, bei dem die Verbinder (4, 5) hochfesten Stahl enthalten.
14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Bindemittel (6) einen Harzmörtel enthält.
15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem ein Verbinder mindestens zwei vorgefertigten Modulen (3) gemeinsam ist.
16. Verfahren nach Anspruch 15, bei dem zwei vorgefertigte Module (3) sich teilweise überdecken.
17. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem mindestens zwei vorgefertigte Module (3) mit Zähnen versehene Ränder besitzen.
18. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem mindestens ein vorgefertigtes Modul (3) eine Unterseite besitzt, die Rauigkeiten und/oder Vertiefungen enthält.
19. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die vorgefertigten Module (3) in einer Schicht angeordnet sind.
20. Bauelement (1), das zwischen mindestens zwei Auflagern angeordnet ist und biege- oder druckbeansprucht wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** es eine Verstärkung aufweist, die auf einer Oberseite (1a) des Bauelements angeordnet und mit mehreren vorgefertigten Verstärkungsmodulen (3), Verbindern (4, 5), die die vorgefertigten Module (3) und das Bauelement verbinden, und einem Bindemittel (6) versehen ist, das zwischen den vorgefertigten Modulen und dem Bauelement angeordnet ist.

FIG.1

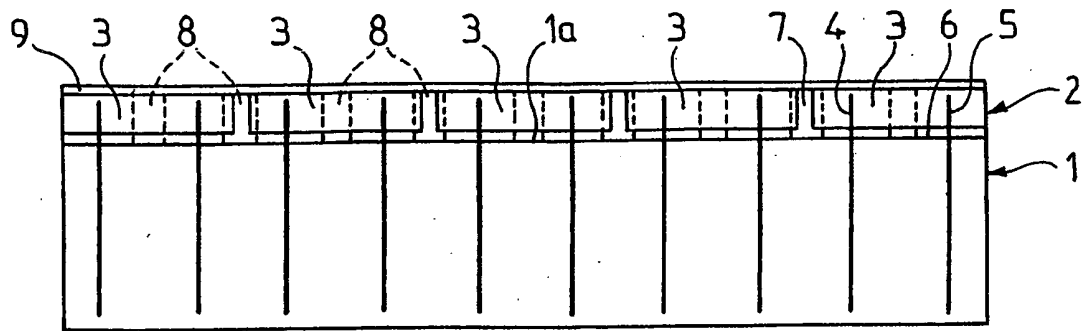


FIG.2

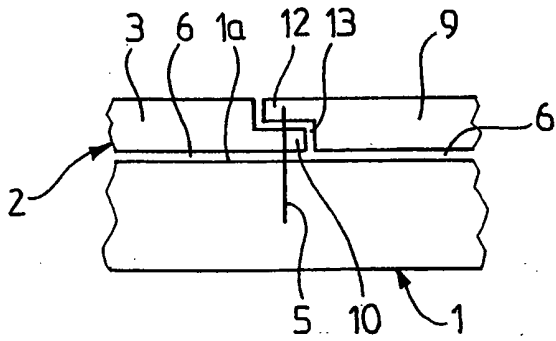


FIG.3

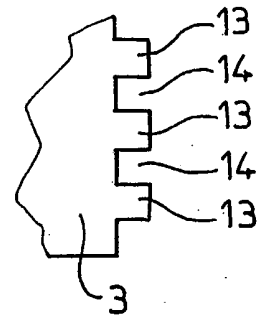


FIG.4

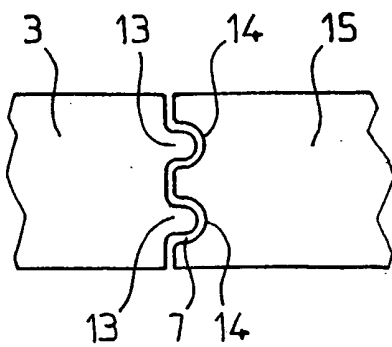
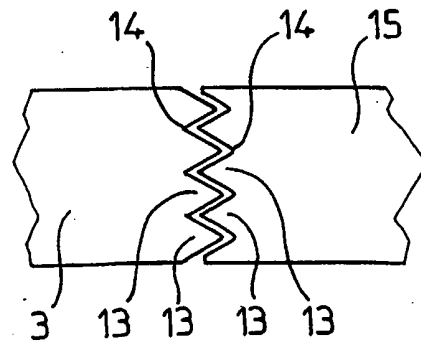


FIG.5



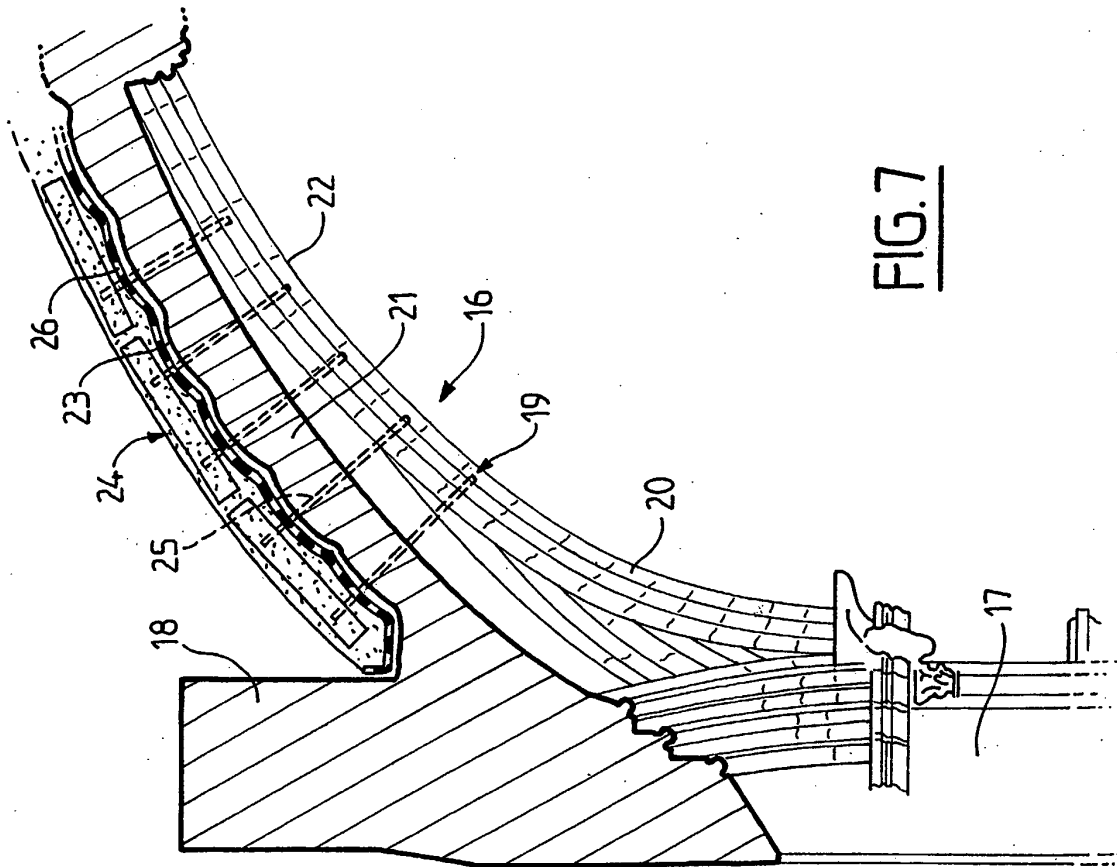


FIG. 7

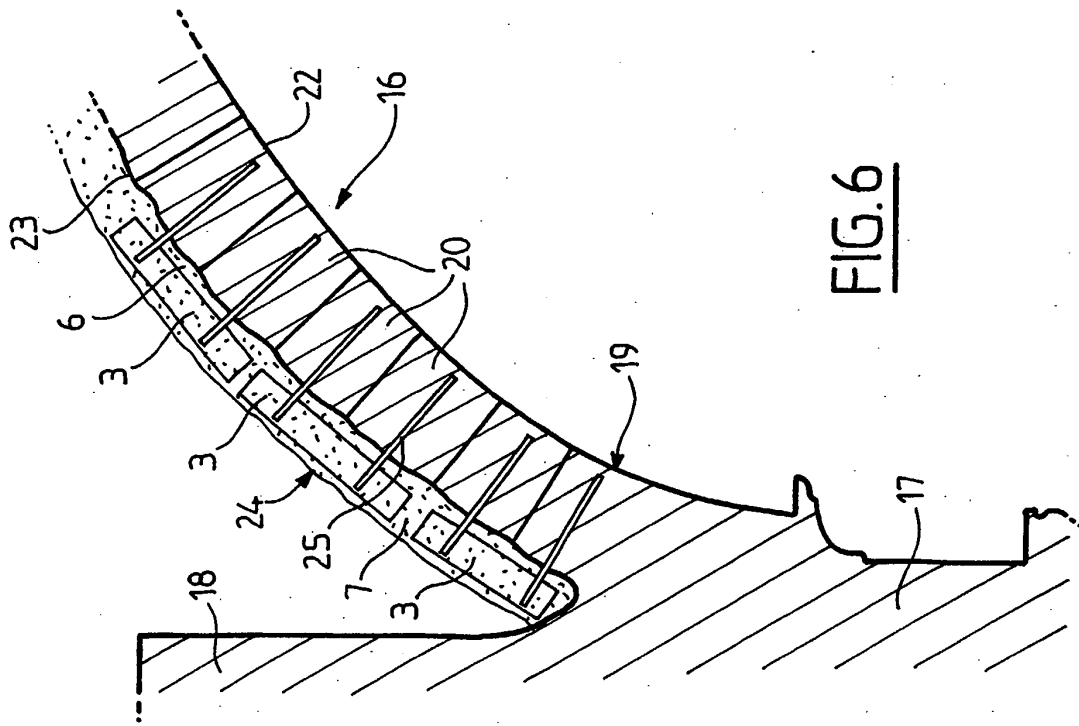


FIG. 6

FIG.8

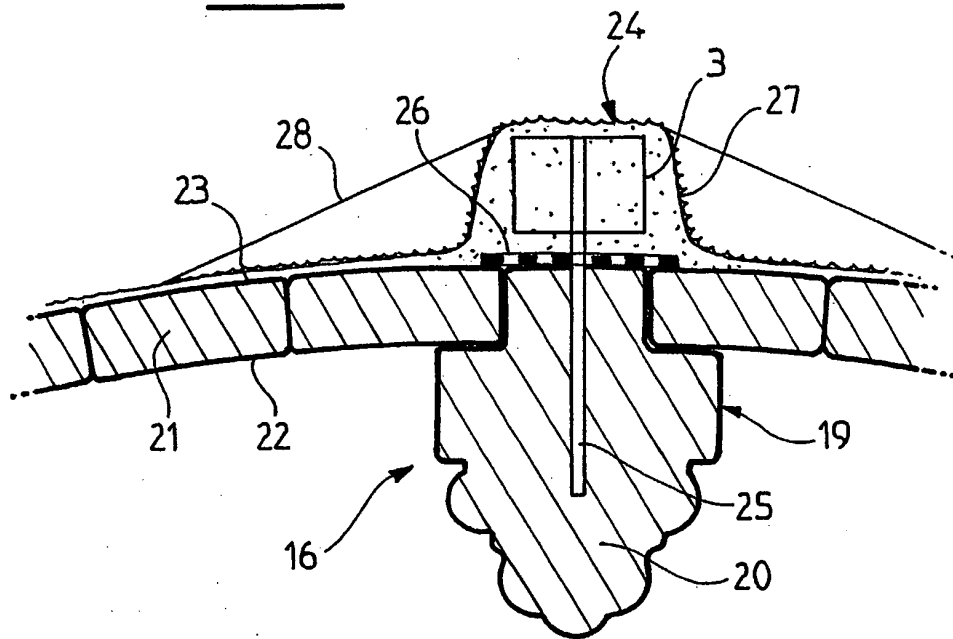


FIG.9

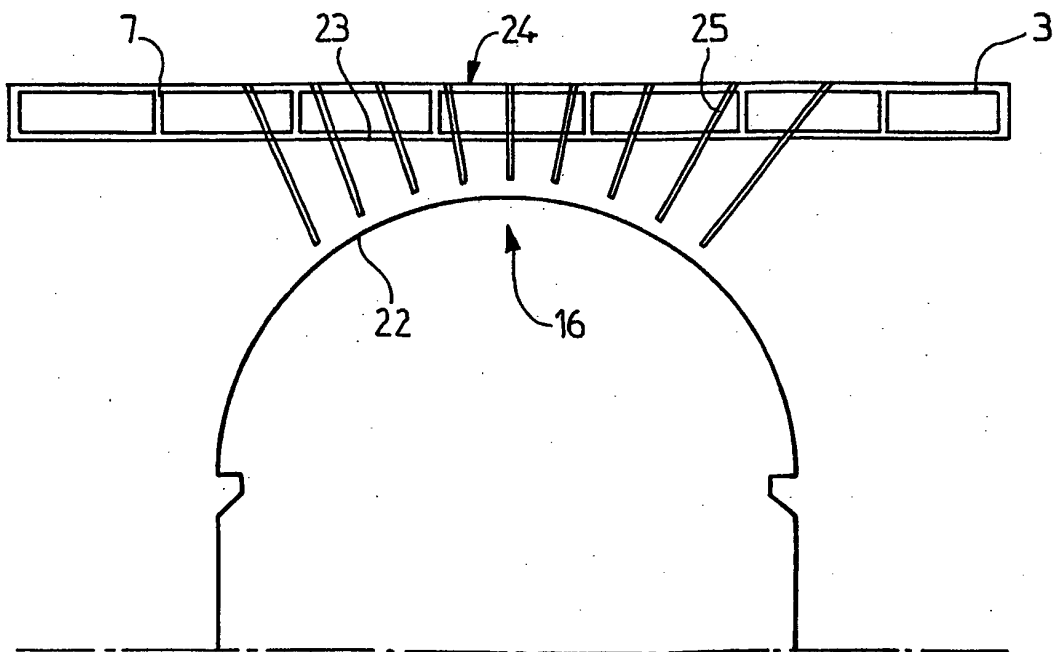
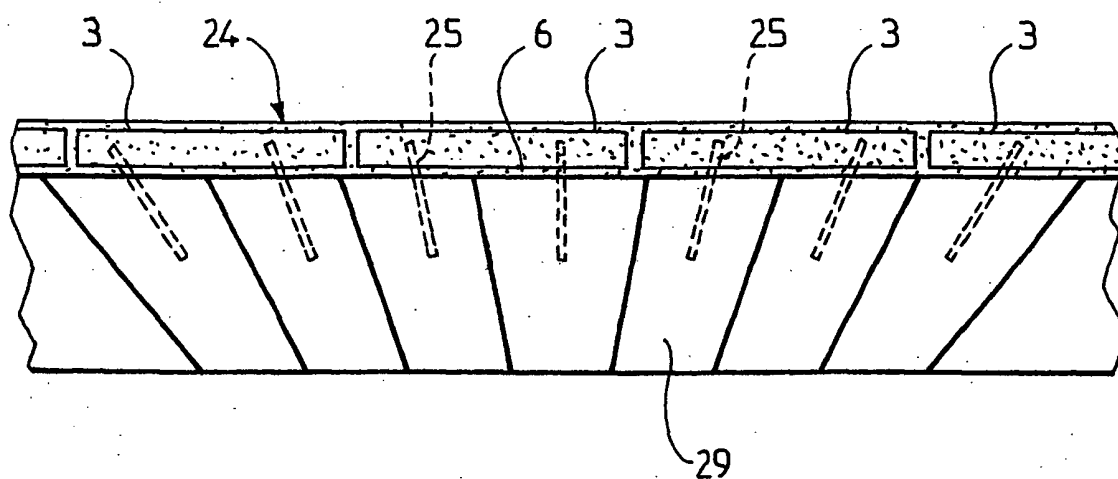


FIG.10



RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- GB 2296276 A [0006]
- FR 2817575 [0007]
- FR 2792354 [0008]
- FR 2792354 A [0009]